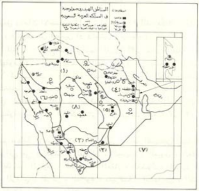
واحات الأحساء

دكتور أمين محمود عبدالله

دراسة في الخلفية الجغرافية للتنمية

في الجزء الداخلي من المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية ، وعلى بعد نحو ٧٥ كيلومترا الى الغرب من شاطىء الخليج العربي ، ونحو ١٠٠ كيلومتر الى الجنوب من الظهران ، ونحو ٣٢٠ كيلومترا الى الشمال الشرقي من مدينة الرياض ، تقع واحات الاحساء التي تشمل أكبر مساحة من الأراضي المروية في المملكة كوحدة متصلة .



وقد عرفت هذه الواحات قديما باسم (البحرين) وهو الاسم الذي كان يطلق على جميع المنطقة الساحلية الممتدة بين البصرة وعمان عندما كانت تابعة للفرس ، ثم عرفت بعد ذلك باسم (هجر) لفترة طويلة من تاريخها القديم وحتى عام ٣١٧ هجرية حينما عرفت باسم (الاحساء) ، وهو جمع لكلمة (حسى) أو (حسو) ومعناها طبقة الأرض المغطاة بالرمال والتي تخفي تحتها كميات من المياه على مستوى قريب من السطح (١) ٠

وبالرغم من أن أقاليم المملكة السعودية ومناطقها الادارية لم تحدد حتى الآن تحديدا واضحا ودقيقا على الخرائط فمن الممكن تمييزها وتصور حدودها بشكل عرفي ٠ وهكذا فان واحات (أو منطقة) الاحساء تقع بين خطي عرض ٢٥ً — ٢٥°، ٤٥ً — ٢٥° شمالا ، وبين خطي طول ٣٠ً — ٤٩° ، ٥٠ً — ٥٠° شرقا ، تتاخمها صحراء الدهناء غربا ، وصحراء أبو الحمام شمالا ، وصحراء الجافورة وسبخة الطرقة ومن ورائهما صحراء الربع الخالي جنوبا ، وسبخة الصفراء ومن ورائها شواطىء الخليج شرقا ٠

وتشغل واحات الاحساء مساحة تبلغ نحو ٢٠ الف هكتار ، وتشكل زاوية قائمة بشكل L ، وتتألف من قسمين أو واحتين رئيسيتين : الواحة الشرقية الممتدة من الشرق الى الغرب ، وتقع على جانبها الغربي أكبر مدن المنطقة وعاصمتها ـ وهي مدينة (الهفوف) ـ ومنها تمتد في اتجاه الشرق الى مسافة ١٦ كيلومهرا ، بعرض يبلغ نحو ٦ كيلومترات ٠ والواحة الشمالية ، وهي في الواقع مجموعا متقاربة من الواحات تتخللها المستنقعات ، وتمتد من (المبرز) ـ ثانية مدن الاحساء والمدينة الرئيسية في الواحة الشمالية ـ الواقعة على بعد ثلاثة كيلومترات الى الشمال من الهفوف ، بطول يبلغ نحو ١٧ كيلومترا وعرض متوسطه ٧ كم (٢) ٠

وتضم منطقة الاحساء الادارية ، الى جانب المدينتين السابقتين ، ٣٦ قرية وتجمع عمراني هي : الشقة ، العمران ، الجديدة ، العيون ، الحليلة ، أبو ثور ، جليجلة ، الطرف ، الرميلة ، الساباط ، العقار ، الفضول ، القرن، الهتمية ، القارة، الطرابيل ، الزواي ، المركز ، الدالوة ، منيزلة ، الشهارين ، الشقيق ، مطيرفي ، البطالية ، الجشة ، الجفر ، الكلابية ، بني معن ، غمس ، أبو الحصى ، القرين ، الحوطة ، التويثير ، الجبيل ، السايرة ، المقدام (٣) ٠

ولقد ضمت (هجر) في الماضي قرية كان لها شأن عظيم ، تسمى (جواثا) ، كانت بمثابة عاصمة الاقليم ، وما تزال أطلالها شمال حدود المنطقة الشمالية للواحات على بعد ثلاثة كيلومترات منها وقد غطيت بالرمال الزاحفة ، منذ نحو ١٠٠٠ عام ٠ وقد أقيم في هذه القرية ثالث مسجد بني في الاسلام ، وهو المسجد المعروف بمسجد جواثا والذي لا تزال رسومه باقية حتى الآن ٠

ويبلغ عدد السكان في منطقة الاحساء في الوقت الحاضر نحو ٣٠٠ ألف نسمة ، منها ١٠١٢٧١ نسمة في مدينة الهفوف وحدها ، تضمهم ١٤٥٥١ أسرة و ٦٩٩٤٠ نسمة في مدينة المبرز ، تضمهم ٨٧٧٥ أسرة (٤) ٠ أما بقية السكان فيتوزعون على بقية القرى والتجمعات العمرانية الأخرى ٠ ويبلغ متوسط حجم الأسرة نحو سبعة افراد ، كما تبلغ الحيازة الزراعية للغالبية العظمى منهم بين ٥،١ دونما ، بينما تتراوح الحيازة لدى ٩٪ من السكان بين ٢٥ و ١٠٠ دونم ٠ وهذه الحيازات يجري استغلالها في أغلب الحالات على يد المالك نفسه ، بينما يجري استغلالها لدى نسبة قليلة من الزراع عن طريق التأجير أو المشاركة (٥) ٠

وكانت الاحساء منذ القدم مهدا لحضارة زراعية واسعة شهد لها التاريخ ، ورخاء عريض عم أرجاءها ٠ ولم يكن ذلك الرخاء يرجع الى غير ما كانت عليه

الزراعة فوق أرضها الخضراء ، لما كانت تتمتع به من وفرة في عيون الماء التي تفجرت على سطحها بغزارة لم تنقطع ، فاشتهرت بنخيلها وتمورها حتى لقد اتخذت مثلا في الأدب العربي القديم ، يضرب على من يأتي بشيء ما الى مكان حافل به : « كحامل التمر الى هجر » ·

وتشكل الزراعة في واحات الاحساء المصدر الرئيسي للدخل والانتاج ، وهي تشتهر بمراتبها الخضرية الثلاث : بساتين النخيل ، ومن تحتها أشجار الفاكهة (كالكروم والموالح والتين والرمان) ومن تحتها محاصيل حقلية أخرى كالأرز والبرسيم والبصل والخضروات · وأشهر هذه المحاصيل جميعا التمور ، وقد بلغ مجموع أشجارها المثمرة أكثر من مليون ونصف مليون شجرة ، وأهم أنواعها الخلاص والرزيز · وقد أقيم معمل لحفظ تمور الاحساء وتصديرها · ويلي التمور الأرز في الأهمية ، ولكن زراعته أخذت في التناقص السريع نتيجة لتوفر أنواعه المستوردة من خارج البلاد بأسعار منخفضة · ولهذا تعمل وزارة الزراعة السعودية في الوقت الحاضر على تطوير زراعة الأرز بمعاونة حكومة فورموزا ، التي عقدت معها اتفاقا عام ١٩٦٤ ، ثم جدد عام ١٩٧٠ لتحقيق هذا الغرض · كذلك بدأت زراعة الخضر تنتشر على نطاق واسع في الاحساء بسبب وجود أسواق قريبة لتصريفه ، وهي مدن (الدمام) و (الظهران) و (الخبر) في المنطقة الشرقية ، حيث يرتفع مستوى المعيشة تبعا لارتفاع دخل العاملين في حقل البترول في هذه المنطقة (٦) ·

★★★

وفي هذا البحث محاولة للالمام بالجغرافيا الطبيعية لواحات الاحساء بجوانبها المختلفة ، ودورها الايجابي والسلبي ، أحوالها الاقتصادية ، وبالتالي في تهيئة الظروف الملائمة لتنميتها الزراعية ، وعودة الروح الى هذه المنطقة لكي تبعث من جديد ·

ولحسن الحظ أن لدينا في الوقت الحاضر الكثير من المعلومات المستمدة والمتجمعة من الدراسات التي قامت بها الشركة الاستشارية السويسرية (واكوتي Wacoti) خلال عام ١٩٦٣ / ١٩٦٤ على الواحات ، والتي قامت بها بعد ذلك شركة (ايطالكونسلت Italconsult) فيما بين سنتي ١٩٦٦ ، ١٩٦٩ بالنسبة لجميع أنحاء المنطقة الشرقية ، ومنها واحات الاحساء · وكانت الغاية من جميع هذه الدراسات :

١ ـ مسح المصادر المائية السطحية والجوفية ، ونوعيتها وكميتها وموقعها ·

٢ ـ مسح امكانات الأراضي والمراعي ·

٣ ـ اقتراح الطرق والوسائل لتحسين أوضاع المعيشة بين سكان الريف ،

ولتوطين البدو الرحل ، وتوفير فرص أفضل عن طريق المزيد من الأراضي والمياه من أجل زيادة الانتاج الزراعي ·

١ ـ التكوينات الهيدروجيولوجية في منطقة الاحساء :

من الدراسات التي قامت بها شركة (ايطالكونسلت) يمكن تلخيص التكوينات التي تمثل أهم الطبقات الحاملة للمياه ـ أي الخزانات الجوفية ـ في واحات الاحساء بالترتيب التصاعدي من القاعدة الى السطح ، على النحو التالي :

١ ـ تكوين الدمام (الأيوسيني الأوسط) :

يتألف أساسا من الدولوميت الأسمر والرمادي والصخور الكلسية البيضاء ، وبدرجة ثانوية من الطين الجيري والصلصال في قسمه الأسفل · وهو ينقسم الى طبقتين حاملتين للمياه في منطقة الاحساء :

أ ـ طبقة الخبر : وتتكون من الدولوميت الفاتح اللون والأحجار الكلسية مع طقبات رقيقة متداخلة من الطين الجيري والصلصال قرب القاعدة · وتعتبر هذه الطبقة من أهم الخزانات المائية الجوفية بسبب قلة عمقها ·

ب ـ طبقة العلت : وهي تتكون من الحجر الكلسي الدولوميتي في قسمها الأعلى ومن الطين الجيري والصلصال في قسمها الأسفل · وهذه الطبقة ـ كطبقة الخبر ـ ذات أهمية كبيرة من الناحية الهيدروجيولوجية ، رغم اختلاف درجة النفاذ فيها (٧) ·

٢ ـ تكوينات النيوجين Néogine (الميوسينية والبلايوسينية) :

تعتبر أهم التكوينات الحاملة للمياه في الاحساء ، ويتراوح عمقها بين ١٠٠ و ١٨٠ مترا من سطح الأرض • وتتألف من رواسب قارية وانتقالية من الحجر الكلسي الرملي والطين الجيري والشيست والحجر الكلسي الطباشيري • كما يوجد الحجر الرملي والصلصال بدرجة أقل •

ومن الصعب تقدير امكانات المياه في تكوينات النيوجين بسبب كثرة التغير في تشكيلاتها الصخرية وما ينتج عنها من تغيرات في درجة النفاذ ونوعية المياه • غير أن هذه الطبقا تالحاملة للمياه تستغل بصورة كثيفة في الوقت الحاضر (٨) •

٣ ـ الارسابات الرباعية Quaternary Deposits :

تتألف بصورة رئيسية من الحصى والحصباء والرمل والصلصال ، ومن ارسابات سبخة ناعمة • وهي غنية بالأملاح والمواد الكلسية وأحيانا الحديدية، ولهذه الارسابات قابلية جيدة للامتصاص والتخزين ، ولكن امكاناتها قليلة بوجه عام ، نظرا لأن استعاضة الماء فيها متقطعة ومحدودة • ومع ذلك فهي مصدر من المصادر الرئيسية للمياه في الاحساء (٩) •

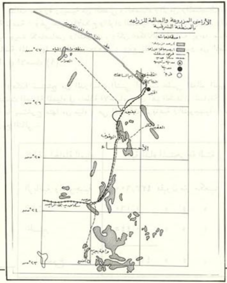
وهكذا نستنتج من الدراسات التي أجريت على المعالم الجيولوجية العامة والطبقات الحاملة للمياه في منطقة الاحساء ـ ان أهم الطبقات السابقة جميعا من حيث كمية ما يستخرج منها من مياه ، هي الطبقات الرباعية والنيوجينية ، يتبين ذلك من التوزيع التالي :

الطبقة الحاملة للمياه	كمية المياه المستخرجة السنة
الرباعية والنيوجينية	٤٣٣,٦٠٠ مليون متر مكعب
العلت	٠,٠٦٠ » » »
الخبر	٠,٤٤٥ » » »
المجموع	٤٢٣,١٠٥ » » »

ومن هذا التوزيع يتضح أن المياه المستخرجة في واحات الاحساء تأتي كلها تقريبا من الطبقات النيوجينية والرباعية الحاملة للماء ، وهي على أعماق تتراوح بين بضعة أمتار ، ١٨٠ مترا ٠

وتفصل بين الطبقات الحاملة للمياه بوجه عام طبقات غير منفذة ٠ ولكن هذا الانفصال غير مطرد بسبب وجود الصدوع وقلة سمك التكوينات ٠ ولذلك فكثيرا ما يحدث تسرب للماء من طبقة الى أخرى ، كما يحدث في تسرب المياه الحارة الى الطبقات النيوجينية من طبقات العلث والخبربل ومن طبقة أم الرضمة وطبقة التوسيع الواقعتين أسفلها (١٠) ٠

ويلاحظ في الاحساء هبوط بطيء في مستوى المياه الجوفية ، ولكنه هبوط متواصل ٠ ويرجع ذلك على الأرجح الى زيادة عدد الآبار الجديدة المحفورة في


الأراضي المزروعة والصالحة للزراعة بالمنطقة الشرقية
اصطلاحات
أرض مزروعة
أرض صالحة للزراعة
طريق مسفلت
سكة حديد
مدينة رئيسية
مدينة
قرية
الصرار
القطيف
الدمام
الخبر
بقيق
العقير
الهفوف
الأحساء
واحة يبرين
٢٧°
٢٦°
٢٥°
٢٤°
٢٣°

السنوات الأخيرة . وبالنسبة للمجاري الجوفية الموجودة في التكوينات النيوجينية الحاملة للمياه يستحيل التكهن بمقدار الهبوط في مستويات الماء نتيجة الاستخراج ، اذ أن التسرب شديد الاختلاف أفقيا ورأسيا . غير أنه يمكن أن نتوقع استمرار الهبوط في المستوى نتيجة لمضاعفة الاستخراج في واحات الاحساء . وهذا احتمال ينبغي أن يدرس بدقة (١١) .

٢ ـ الطبوغرافيا والتربة :

تتكون واحات الاحساء من مجموعة من الأراضي المنبسطة ذات طبوغرافية مستوية بوجه عام ، ورغم ذلك فانها تتنوع في مظهرها ولو على نطاق مجهري . ولا يزيد متوسط الارتفاع عن ١٥٥ مترا فوق سطح البحر وهو ارتفاع مدينة الهفوف . وتتخلل الأراضي السهلية مجموعة من التلال الحجرية والرملية الصغيرة ، أعلاها واكبرها (جبل قارة) الذي يرتفع على مستوى الأراضي المجاورة بحوالي ٣٠ مترا . كما تتخلل المنطقة مسطحات من الجبس والطين تتصلب عند الجفاف ، ومساحات من السهول الطينية Mud flats والكثبان الرملية والمسطحات الصخرية التي تتحول الى الحصى الذي يعتبر أحد مشاكل التربة بالرغم من استوائها . كذلك تنتشر في الجنوب السبخات الملحة المنخفضة أو (الملاحات) التي تشغلها مستنقعات تنصرف اليها مياه الينابيع الجارية غير المستخدمة في الزراعة . وقد يجف بعضها وتتصلب أسطحها وتتشقق أو تتقشر صيفا لتصبح ميدان تذرية عندما تثير الرياح التراب من أرضها. أما الأطراف الشمالية والشرقية فترتفع بحوالي ١١٠ أمتار فوق سطح البحر . وتشرف على الواحات من الغرب تلال صخرية يتراوح ارتفاعها بين ٥٠ و ١٠٠ متر فوق مستوى سطح الواحة الشمالية . ومن الشمال تتقدم الكثبان الرملية المتحركة تدفعها الرياح الشمالية الغربية ، وقد بلغ ارتفاع بعضها ١٢ مترا ، مهددة بغزو الواحة الشرقية (١٢) .

وقد أظهرت نتائج تحليل التربة أن نسبة الملوحة في تربة الاحساء مرتفعة بوجه عام نتيجة لارتفاع نسبة الأملاح في مياه العيون المستخدمة في الري وتراكم هذه الأملاح في التربة سنوات طويلة . ويقدر ما يضاف الى كل هكتار سنويا من الأملاح ما بين ٤٠ و ٦٠ طنا . وتزداد ملوحة التربة وسط الأراضي السبخة بما يفسح المجال أمام ظهور القصرات من الملح العادي أو الجبس قرب السطح ، بينما تقل نسبيا عند أطراف المنطقة . وتتكون السبخات عادة من الرمال الخشنة التي تتخللها طبقات من

السلت Silt مع وجود الأملاح بكثرة ، مكونة قشرة سميكة واضحة . كذلك أظهرت نتائج تحليل التربة أن هناك عشرة أنواع من الأراضي :

- أراضي النوع الأول والثاني ، ومجموع مساحتها ٨٠٠٠ هكتار ، وتتراوح بين الجيدة والمتوسطة .
- أراضي النوع الثالث والرابع ، ومجموع مساحتها ٩٠٠٠ هكتار ، وهي تحتاج الى غسل التربة والاستصلاح لكي يمكن زراعتها .
- أراضي النوع الخامس والسادس والسابع : ومجموع مساحتها ٤٠٠٠ هكتار، وتقع في منخفضات وتحتاج الى تجفيف واستصلاح وغسل للتربة لكي يمكن زراعتها .

وبذلك يصبح هناك نحو ٢١٠٠٠ هكتار من الأراضي القابلة للتنمية الزراعية، ما بين مزروعة أو قابلة للزراعة ، بشرط توفير الماء الكافي لريها واستصلاحها وتوفير الصرف لتجفيفها .

- أراضي النوع الثامن والتاسع والعاشر : وهي اما رمال عميقة ناتجة عن ارسابات الرياح مع وجود طبقة من الجبس على عمق ما بين ٨٠ ، ١٠٠ سم، أو رمال متجمعة على الأحجار الكلسية أو الرملية الكلسية ، أو سبخات ملحية . وتشكل هذه الأراضي بيئة طاردة لكافة أشكال النمو النباتي ، ولهذا فهي غير قابلة للزراعة (١٣) .

٣ ـ مائية (هيدروجرافية) الاحساء :

نتيجة للميل الطبيعي في أرض شبه الجزيرة العربية نحو الشرق ، والذي يبدأ اتجاهه من جبال الحجاز وعسير (السروات) غرب المملكة السعودية ، فان الأمطار الساقطة على قمم تلك الجبال تتخذ طريقها في اتجاهين : فينحدر جزء منها في اتجاه الغرب نحو البحر الأحمر ، والجزء الآخر في اتجاه الشرق خلال الصخور المتشققة في طبقات من الحجر الجيري . ويظل اندفاع الماء عبر الأودية الجوفية حتى تلتقي في موقع تجمع (أي خزان) ينخفض عن مناطق جريان هذه الأودية بحوالي ٣٠٠ متر . هذا المنخفض يقع تحت أرض الاحساء (١٤) .

كذلك أثبتت الدراسات أن المياه الحديثة التي تأتي سنويا من الأمطار الغربية لا تمثل أكثر من نسبة تتراوح بين ١٠٪ ، ٢٠٪ من مجموع المياه المختزنة تحت أرض الاحساء ، بينما تمثل النسبة المتبقية ـ وهي النسبة العظمى ـ كميات المياه المخزونة منذ آلاف السنين ، أي منذ العصر المطير الأخير ، والتي يقدر العلماء عمرها بين ١٣ ، ١٧ ألف سنة (١٥) .

ونتيجة لتجمع هذه المياه ، القديمة والحديثة ، في ذلك المنخفض ، نشأ ضغط مائي أدى الى تفجر المياه في أماكن عديدة من أرض الاحساء ، حيث يبلغ عدد الينابيع (العيون) الطبيعية ١٦٢ ينبوعا . ولكن الضغط في بعض هذه الينابيع لا يكفي في الوقت الحاضر لرفع الماء الى ما فوق سطح الأرض ، ولهذا كان لا بد من استعمال الرفع الميكانيكي . وقد كان القدر الأكبر من هذه المياه يرفع في العصور القديمة عن طريق الآبار المحفورة بالطرق التقليدية ، أي بالوسائل اليدوية ، ومع ذلك فقد كان من الممكن الوصول بالحفر الى الطبقات النيوجينية الحاملة للمياه .

ويبلغ معدل تصريف هذه الينابيع الطبيعية للماء حوالي ٤ر١٢ متر مكعب في الثانية ، أي ما يعادل نحو ٤٤٣ مليون متر مكعب في السنة . ومع ذلك فمن بين هذه الينابيع ١٢٠ ينبوعا قليلة التصريف ، اذ يبلغ مجموع تصريفها ٣٠٠ لتر في الثانية فقط ، أي نحو ٩٥ مليون متر مكعب في السنة . أما الينابيع التي تعتمد عليها الاحساء بشكل رئيسي فهي أربعة : عير الخدود ، وعين الحرة ، وعين البحرية ، وعين الحقل . وفيما يلي متوسط تصريف هذه العيون الأربعة الرئيسية (بالمتر المكعب / ثانية) (١٦) .

العين	الخدود	الحره	البحرية	الحقل	عيون أخري	المجموع
التصريف	١٫٧	١٫٥	١٫٢	١٫٢	٦٫٨	١٢٫٤

ومن بين الينابيع الكثيرة توجد مجموعة رئيسية واحدة على بعد ثلاثة كيلومترات الى الغرب من الهفوف ، وتتفرع في الاتجاه الشمالي الشرقي في الواحد الشرقية ، ومجموعة أخرى تتفرع في الواحة الشمالية بالقرب من مدينة المبرز .

ويعتبر ينبوع الخدود أكبر الينابيع التي يتدفع منها الماء اللازم للري .

وتتفجر من هذا النبع مياه حارة تبلغ درجة حرارتها ٣٥ مئوية وتنبع من عمق يصل الى حوالي ١٥٠ مترا خلال طبقة النيوجين المنفذة · ويصل تصرف العين عند أقصى حد للمنسوب الى خمسة أمتار مكعبة في الثانية الواحدة ، أي ما يعادل نحو ١٥٧ مليون متر مكعب في السنة ، بينما يبلغ تصرفها عند انخفاض المنسوب الى نحو ٣ أمتار مكعبة في الثانية ، أي ما يعادل نحو ٥٩ مليون متر مكعب في السنة ·

وبالاضافة الى الينابيع الطبيعية توجد بالاحساء ٣٣٦ بئرا يتراوح معدل تصريفها بين ½ لتر ، ١٠ لترات في الثانية ، ويتراوح عمقها بين ١٠٠ و ١٨٠ مترا في طبقة النيوجين ، ٢٥٠ مترا في طبقة الخبر (١٧) ·

وتقدر أبحاث شركة (واكوتي) الثروة المائية من جميع العيون والآبار في الاحساء بانتاجية تبلغ ١٥ مترا مكعبا من المياه في الثانية الواحدة ، أي أكثر من ٤٧٠ مليون متر مكعب في السنة · بينما تقدر المتطلبات المائية الكلية في العام بحوالي ٢٣٥ مليون متر مكعب ، وبالتالي فان هناك رصيدا من المياه المتاحة سوف يكفي لأن تمتد الخضرة الى مساحات أوسع اذا ما أحسن استخدامها ·

وتدل التحاليل الكيميائية التي أجرتها شركة (ايطالكونسلت) لمياه العيون في الاحساء على احتوائها على مواد ذائبة تصل نسبتها الى نحو ١٥٠٠ في المليون ، بالاضافة الى مواد أخرى عالقة ، تتوزع على النحو التالي (١٨) :

كلور	٤٦٠	جزءا في المليون
كبريتات	٣٣٠	جزءا في المليون
صوديوم	٢١٠	جزءا في المليون
كلسيوم	١٣٥	جزءا في المليون
مغنيسيوم	٨٠	جزءا في المليون
بوتاسيوم	٧٠	جزءا في المليون
أملاح ذائبة	١٥٠٠	جزءا في المليون

ونظرا لقلة الأمطار في الاحساء وعدم وجود أي مجرى طبيعي سطحي ، فان الزراعة تعتمد كلية على المياه الجوفية · ومنذ القدم فطن الانسان العربي لمواطن الماء المكنوز تحت أرضه ، واكتشف البدو ممن درجوا على أرض الصحراء أجيالا تلك الأماكن التي تحتجز أرضها الماء الجوفي ، وكان لهم في ذلك خبرة طويلة وحدس مستمد من تجارب حقيقية · وكانوا يعتمدون على الطبقات الضحلة الحاملة للمياه ، التي

كان يسهل تحديد مواقعها والنفاذ اليها ، وكذلك على الينابيع المنبثقة من تلك الطبقات . ونتيجة للأساليب الحديثة المتقدمة في الدراسة والتنقيب عن المياه الجوفية واستخدامها ، والمعلومات المكتسبة خلال عمليات التنقيب عن البترول في منطقة الخليج العربي ، أمكن تحديد مواقع مصادر مائية جوفية جديدة لها امكاناتها في امداد الزراعة بكميات متزايدة من الماء .

٤ ــ الأحوال المناخية :

أ ــ العوامل المؤثرة في مناخ الاحساء :

يخضع مناخ منطقة الاحساء لعدد من المؤثرات بعضها خارجي والبعض الآخر محلي ، ولكن المؤثرات الخارجية أكثر فاعلية في ظروف المنطقة المناخية :

١ ــ **خط العرض الجغرافي :** تقع واحات الاحساء في الاقليم الشرقي من شبه الجزيرة العربية بين خطي عرض ٢٥′ ، ٢٥° — ٤٥′ ، ٢٥° شمالا ، أي أنها تقع ضمن الاقليم المداري الذي تزيد فيه كمية الاشعاع الشمسي صيفا ، بسبب تعامد الشمس القريب منها ، الأمر الذي يؤثر في الظروف المناخية للاقليم ، كأن يصبح تحت سيطرة الضغط المنخفض المداري في هذا الفصل .

٢ ــ وقوع المنطقة في شرق شبه الجزيرة العربية من ناحية ، وقربها من الخليج العربي من ناحية أخرى ، ومتاخمة لصحراء الربع الخالي الفسيحة القاحلة من ناحية ثالثة ، يجعلها تحت رحمة المؤثرات من كل هذه النواحي الثلاثة ، فهي تستقبل المؤثرات الصحراوية القادمة اليها من الشمال والغرب ، ومؤثرات الخليج الذي تنفتح عليه من الشرق ، كما تشكل صحراء الربع الخالي في الجنوب مصدرا لكتلة هوائية حارة قاسية الجفاف تؤثر صيفا على منطقة الاحساء المجاورة .

٣ ــ اقتراب الكتل الهوائية القادمة من الشمال الغربي نتيجة لتمدد المنخفضات الجوية في شرقي البحر المتوسط وانتقال تأثيرها الى مسافة بعيدة نحو الجنوب حتى خط عرض ١٧ شمالا ، والكتل القطبية القارية الباردة الزاحفة من أواسط آسيا عبر هضبة ايران التي تواجه المنطقة على الجانب

المقابل من الخليج ، والكتل الموسمية في جنوب شرق آسيا والمحيط الهندي قريبا منها ·

٤ – انخفاض المنطقة واستواء طبوغرافيتها الى حد كبير ، حيث تمثل أقل المناطق ارتفاعا في شبه الجزيرة العربية ، الأمر الذي يظهر أثره في ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الضغط وقلة الأمطار ·

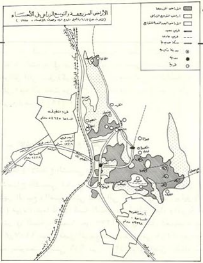
٥ – وجود مساحات واسعة من الأراضي المروية والسبخة التي تزيد قليلا في نسبة الرطوبة ·

ب – الحرارة :

أهم ما يلاحظ في جدول الحرارة في منطقة الاحساء (عام ١٩٧٤) تباين معدلاتها الفصلية والشهرية واليومية بشكل كبير · ومن تحليل أرقام هذا الجدول يتبين ما يلي :

١ – ان الحرارة ترتفع ارتفاعا شديدا في فصل الصيف الذي يبلغ متوسط حرارته ٣٢,٣° مئوية ، ويختص شهر يوليو بأقصى متوسط حراري شهري (٣٣,٣° مئوية) وقد سجل أحد أيامه أقصى متوسط حراري يومي خلال السنة (٤٣,١° مئوية) ومع ذلك فان أعلى درجة حرارة سجلت خلال السنة كانت في أحد أيام شهر يونيو (نهاية الربيع) وهي ٤٦,٥° مئوية · ويرجع هذا الارتفاع الشديد في درجات الحرارة في فصل الصيف الى أن الشمس تصبح عمودية تقريبا على المنطقة في هذا الفصل وبالتالي تزداد فترة وكمية الاشعاع الشمسي الذي يزيد في كميته على الاشعاع الأرضي · هذا وبالاضافة الى تأثر المنطقة بالعوامل القارية والصحراوية المحيطة بها ، وعدم وجود أية عوامل ملطفة ·

٢ – أن الحرارة تنخفض انخفاضا شديدا في فصل الشتاء ، وبخاصة في الليل ، اذ يبلغ متوسط حرارة الشتاء ١٦,٥° مئوية ، ويزداد الانخفاض في يناير فيهبط الى ١٤,١° مئوية ، وقد سجلت في احدى لياليه أدنى درجة خلال السنة وهي ١,٨° مئوية ، بينما سجل أحد أيام شهر فبراير أقل متوسط حراري يومي خلال السنة ٨,٣° مئوية) · ومع ذلك فان درجات الحرارة



ترتفع نوعا ما أثناء النهار وتنخفض بشكل سريع في الليل بسبب نشاط الاشعال الأرضي .

٣ ــ أن المدى الفصلي للحرارة كبير ، اذ يبلغ نحو ١٦° مئوية ، واكبر منه المدى الشهري الذي يبلغ نحو ١٩° مئوية . وأما الفرق بين أعلى وأقل متوسط حراري يومي خلال السنة فيرتفع الى نحو ٣٥° مئوية .

٤ ــ أن عدد الأيام التي ارتفعت فيها النهاية العظمى للحرارة خلال السنة الى ٣٥° مئوية بلغ ١٧٢ يوما ، أي نصف عدد أيام السنة ، وهي تضم جميع أيام فصل الصيف (٩٢ يوما) بالاضافة الى ٦٢ يوما من أيام الربيع ، ١٧ يوما من الخريف ، ويوم واحد من الشتاء .

٥ ــ أن عدد الأيام التي انخفضت فيها النهاية الصغرى للحرارة خلال السنة الى ٥° مئوية بلغ ١٠ أيام فقط ، منها سبعة في الشتاء (يناير وفبراير) وثلاثة في الخريف (ديسمبر) .

٦ ـ ومن ذلك كله نستنتج أن منطقة الاحساء تتميز بالقارية المناخية حيث التطرف الشديد في درجات الحرارة صعودا وهبوطا يبلغ أقصاه بسبب العوامل التي سبق ذكرها. وقد أثرت هذه القارية المناخية على الأحوال المائية والزراعية للواحات من خلال تأثيرها في درجة التبخر وفقدان المياه وخواص التربة وغيرها (١٩) .

أ ـ الاشعاع الشمسي والتبخر :

نتيجة لارتفاع الاشعاع الشمسي SolarRadiation يشتد نشاط البخر Evaporation فبالنسبة للاشعاع الشمسي تبلغ كميته السنوية ٤٩٥ كالوري /سم٢/ يوم ، وتزداد في أشهر الربيع والصيف حتى تصل الى أقصاها في شهر يوليو (٥٦٥ كالوري /سم٢/ يوم) فيزداد تبعا لذلك كمية التبخر من أسطح المياه والتربة حتى تصل الى ٣٥٠٠ ملليمتر في السنة ، منها نحو ١٢٧٠ مم في فصل الصيف ، بمتوسط يومي ١٣ر٨ مم ، ١١٠٧ر٨ مم في فصل الربيع بمتوسط يومي ١٢ر٨ مم ، ٦٠٥ر٨ مم في فصل الخريف بمتوسط يومي ٦ر٦ مم ، ٤٣٥ مم في فصل الشتاء بمتوسط يومي ٤ر٨ مم .

فاذا أضفنا الى ذلك النتح النباتي من المزروعات فان كمية البخر في السنة ترتفع الى ٣٦٠٢ مم ، بمتوسط ٩ر٣ مم (٢٠) .

ويمثل التبخر في المساحات المروية والسبخة خسارة صافية للماء لا يستهان بها . أما النتح النباتي فرغم أنه من عوامل فقدان الماء الا أنه أمر لا مفر منه ، فضلا عن أن تأثيره في فقدان الماء أقل بكثير من تأثير البخر .

ب ـ الضغط والرياح :

لكي نتعرف على نظم الضغط والرياح في الاحساء لا بد أن نربطها بالمناطق القريبة منها والبعيدة عنها التي تتأثر بها :

١ ـ **ففي الشتاء :** يشكل النطاق الصحراوي العربي في جنوب غرب آسيا وشمال افريقيا جسرا من الضغط المرتفع يصل ما بين ضد الاعصاء الآسيوي الهائل

الجاثم على قلب القارة في الشرق ، ومركز الضغط المرتفع الأزوري الدائم على المحيط الاطلنطي في الغرب · ويقابل هـذا النطاق نطـاق آخر من الضغط المرتفع يشمل كل وسط وشرق أوربا · وفيما بين هذين النطاقين يمتد حوض البحر المتوسط كبحيرة شتويـة ينخفض عليها الضغط نسبيا نتيجة لدفء مياهـه بالمقارنة مـع اليابس في كـلا الجانبين · لهذا يصبح البحر ممرا تسلكه شعبة جنوبية مـن أعاصير الرياح الغربية التي تجلب الرطوبة والأمطار الشتوية للسواحل والمناطق الجافة القريبة منه ، ومنها الصحاري العربية · وقد تتوغل هذه الأعاصير ـ في صورة أعاصير هاربة ـ عن طريق بعض المسالك الفرعية الجنوبية ، ومنهـا حوض البحر الأحمر وحوض الخليج العربي اللذان يمثلان امتدادا فزيوجرافيا جنوبيـا لحوض البحر المتوسط بسبب انخفاض مستواهما · ونتيجة لذلـك تتأثر منطقة الاحساء بالمسلك أو المسار الأخير لأعاصير البحر المتوسط · وهذه الأعاصير هي المصدر الرئيسي لأمطار كـل مناطق الخليج العربي حتى خط عرض ٢٠ شمالا (٢١) ·

٢ ـ **وفي الصيف** : تنعكس الآية، اذ ينجاب الضغط المرتفع عن النطاق الصحراوي العربي نحو الشمـال ، وتتأثر شبـه جزيرة العرب بالمنخفض الهائل على آسيا ، الذي ينتشر في حيز ضيق مـن بلوخستان صوب الغرب عبر شبه الجزيرة وشمال افريقيا · وفي نفس الوقت تنتقل جبهـة الالتقاء ما بين المدارين شمالا فتصل جنوب غرب شبه الجزيرة العربية ومنها عبر النطاق السوداني الافريقي جنوب الصحراء الكبرى حتى المحيط · وفي هذا الفصل تهب رياح شمالية أو شمالية غربية بانتظام فوق شبه الجزيرة متأثرة بجذب منخفض جنوب آسيا ، وهذه الرياح تتألف مـن كتل هوائية مدارية جافة أصلا ، ويزداد جفافها كلما أمعنت جنوبا (٢٢) ·

ويبين توزيع اتجاه الرياح في منطقة الاحساء أن الرياح السائدة رياح شماللية في تسعة أشهر من السنة ، ورياح شمالية غربية في ثلاثة أشهر فقط هي يناير وفبراير وسبتمبر (٢٣) وهذه الرياح هي الرياح السائدة أيضا في كل منطقة الخليج العربي والمنطقة الشرقية من شبه الجزيرة العربية وتسمى الرياح الشمالية أحيانا (بالشمال)، وتتميز عادة بالجفاف ، وخاصة في الصيف · أمـا في الشتاء والربيع فتصبح رياحا اعصاريا ، تقترن بالأعاصير الهاربة التي تسقط بعض الأمطار على المنطقة ، كما أنها عادة ما تثير عواصف رملية نشأت عنها الكثبان الرملية الزاحفة علـى المساحات الزراعية وكان لها أسوأ الأثر ، على النحو الذي سنذكره فيما بعد · ومع ذلك فان

هذه الرياح تعمل على خفض درجة الحرارة نوعا ما ٠ كذلك تهب رياح من الجنوب على منطقة الخليج العربي تسمى (بالقوس) وهي رياح خطيرة على الملاحة لأنها تهب دون سابق انذار (٢٤) ٠

ج ـ الرطوبة والتساقط :

ومن استقراء جدول الرطوبة النسبية (٢٥) يتبين أن متوسط النهاية العظمى للرطوبة النسبية السنوية يبلغ ٩ر٦٥٪ ، ومتوسط النهاية الصغرى ٦ر٣١٪ ٠ وتقع اقصى حدود للرطوبة النسبية في فصل الشتاء الذي يبلغ متوسط نهاياته الشهرية ٧٦٪ ، ويليه الخريف (٦٩٪) ثم الربيع (٦١٪) ثم الصيف (٧ر٥٧٪) ٠

وتقع أدنى حدود للرطوبة النسبية في فصل الصيف (١ر١٩٪) ، يليه الربيع (٣ر٢٣٪) ثم الخريف (٧ر٣٥٪) ثم الشتاء (٣ر٤٨٪) ، أي بعكس الترتيب السابق ٠

ويبلغ عدد الأيام التي ترتفع فيها الرطوبة النسبية الى ٨٥٪ فاكثر ٥٧ يوما في السنة ، منها ٢١ يوما في فصل الشتاء ، ١٦ يوما في الخريف ، ١٢ يوما في الصيف ، ٨ أيام في الربيع ٠

ومن هذا الاستقراء يتبين أن واحات الاحساء تعد من مناطق الرطوبة العالية نسبيا ، ويرجع ذلك الى انفتاح هذه المنطقة على الخليج العربي وتعرضها لمؤثرات أعاصير البحر المتوسط ٠ فمن التوزيع الفصلي للرطوبة النسبية يتبين أن أعلى رطوبة نسبية تتفق مع فصل هبوب الأعاصير وسقوط الأمطار ٠ والقاعدة العامة أن هذه الأعاصير هي المصدر الوحيد تقريبا لرطوبة هذه المنطقة ، بل ومعظم شبه الجزيرة العربية من أقصى شمال بادية الشام واستبس العراق حتى خط عرض ٢٠ شمالا ٠ ومع ذلك فهناك عامل محلي يؤثر بدرجة قليلة في نسبة الرطوبة وهو وجود المساحات المروية من الينابيع الجارية والآبار الارتوازية وآبار الضخ ، الى جانب المساحات السبخة الواسعة ذات المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض ٠

ولا تكفي الرطوبة المحلية لأن تكون الباعث على هطول الأمطار على النطاق الاقليمي في واحات الاحساء ، وان كانت ذات تأثير محدود للغاية ٠ فالمصدر الرئيسي

للتساقط في هذه المنطقة هو أعاصير الرياح الغربية حاملة الرطوبة والمطر الشتوي من عرض المحيطات والبحار • وتسير هذه الأعاصير الرياح عبر المسار الذي يلتزم جنوب البحر المتوسط ويقترب في حركته شرقا من سواحل شمال افريقيا حتى يدخل اليابس الآسيوي فيشمله حتى الخليج العربي وداخلية هضبــة ايران • ولهذا فان القول بن أمطار الصحراء غريبة عليهــا هو قول صحيح الــى حد كبير ، لأنها تجيء كفضلة ما تجود به نظم مناخية مجاورة (٢٧) •

وتقع منطقة الاحساء ضمن منطقة الأمطار الاعصارية الشتوية ، وتتبع منطقة تصريف حوض الجافورة التي هي جزء مــن منطقة تصريف الخليج العربي • ومن النادر ــ مع ذلك ــ أن يصل المتوسط السنوي للمطر الى ١٠٠ مم ، وانما يتراوح حول ٧٠ ملليمترا • وقد بلغت كمية المطر السنوي عام ١٩٧٤ (٧٦ر٣ مم) هطل منها في فصل الشتــاء ٥٨ر٦ مم معظمها في شهر مارس فقط (٤٩ مم) • ولم تزد أمطار الخريف عن ٨ر٩ مم سقطت جميعها في شهر ديسمبر ، ويليه الربيع (٩ر٧ مم) سقطت كلها تقريبا في شهر مايو (٩ر٦ مم) ، ويبلغ مجموع الأيام الممطرة في العام ٣٠ يوما ، والأيام الجافة ٣٣٥ يوما ، وهــذه قرينــة تضعها في مرتبــة الصحراء desert (٢٨) • وتسقط هذه الأمطار فجائية ومركزة محدودة الأثر على شكل رخات في فترات قصيرة Torrential rain • وليس أدل على ذلك من أن الكمية الساقطة في شهر مارس ١٩٧٤ سقط منها ٢٠ ملليمترا في يوم واحد فقط (٢٩) •

ومما يقلل من فاعليــة الأمطار في الاحساء ، بالاضافة الى قلة كميتها ونظام سقوطها ، ارتفاع كمية الاشعاع الشمسي ومتوسطات الحرارة ، الأمر الذي يخفض من قيمة الأمطار ويزيد من أهمية المياه الجوفية •

***

٥ ــ العوامل التي أدت الى انكماش الرقعة الزراعية في الاحساء :

أظهرت نتيجة الدراسات التــي قامت بهــا شركة (واكوتي) الاستشارية أن مساحة الأراضي الصالحة للزراعة في الاحساء ٢٠ الف هكتار (٢٠٠ الف دونم) ولكن الأرض المزروعة فعلا كانت تبلغ ما يقرب من ١٦ الف هكتار (١٦٠ الف دونم) ، ثم تقلصت خلال ربع القرن الأخير ــ أي قبل تنفيذ مشروع الري والصرف بالاحساء عام ١٩٧١ ــ الى ٨٠٠٠ هكتار فقط ، كانت موزعة على النحو التالي : (٣٠) •

٤٧٥٠	هكتارا من أشجار النخيل .
١٢٥٠	هكتارا تزرع أرزا .
٨٨٠	هكتارا تزرع برسيما .
١١٢٠	هكتارا من المحاصيل الأخرى والخضر .

ويعزى هذا الانكماش أساسا الى تقدم الرمال ناحية الأرض الخضراء . وأمام هذا الزحف كانت الزراعة تنتقل من مكان لآخر ، اذ كانت تسمح بذلك قلة السكان من ناحية ، واتساع المساحة القابلة للزراعة من ناحية أخرى . أما بعد أن استقر الناس وتزايد عددهم وتعددت احتياجاتهم فقد أصبح من الصعب تراجعهم أمام زحف الصحراء .

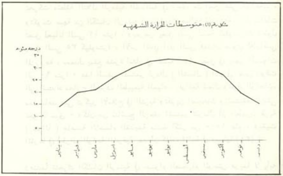
كذلك أوضحت الدراسات التي قامت بها شركة (ايطالكونسلت) وشركة (واكوتي) لمشاكل الزراعة في الاحساء أن هناك عددا من العوامل المناوئة للزراعة قد ساهم في خلق الوضع السيء الذي وصلت اليه خلال تلك الفترة ، ومن أهمها : الاشعاع الشمسي المرتفع ، وملوحة التربة الزائدة التي تكونت على مر السنين ، وزحف الرمال المستمر ، وطرق الزراعة التقليدية ونظم الري والصرف القديمة . وسنتناول فيما يلي كل عامل منها على حدة :

١ ــ **الاشعاع الشمسي** : نتيجة لارتفاع الاشعاع الشمسي ــ وخاصة في الصيف والربيع ــ يزداد التبخر من سطح الماء ومن التربة ، كما يزداد النتح النباتي من المزروعات . وتحت هذه الظروف المناخية تكون معدلات البخر والنتح في حدها الأعلى أيضا في هذه الفترة . وتتضح أهمية هذا العامل وأثره في الزراعة في أن دراسته تمثل أساسا ضروريا لتخطيط أي نظام علمي للري والصرف . فحساب البخر والنتح الحقيقي للنباتات هو أول الأساسيات عند وضع ميزان لموارد المياه وتحديد الطلب عليه بالنسبة لمواسم الزراعة المختلفة وأنواع النباتات المزروعة . ومن المؤكد أن تخلف هذه الدراسات وعدم اتاحتها لزراع الاحساء في الماضي القريب ، فضلا عن عدم توافر الطرق الفنية الصحيحة للري والصرف لديهم ، وبالتالي جهلهم بمقننات المياه اللازمة وأنواع الزراعات الملائمة ، قد أدى الى انكماش المساحات المزروعة ، باكتمال هذا العامل مع العوامل الأخرى .

٢ ــ **زيادة الملوحة في التربة** : أثبتت الدراسات أن المحتويات الملحية في مياه الري في منطقة الاحساء ، ومشكلة الملوحة في أراضيها ، تشكل مصدر خطر

آخر يهدد الزراعة والعمران فيها . ذلـك أن معدل الملوحة في هذه المياه يتراوح ما بين ١٥٠٠ ، ١٧٠٠ جزء في المليون . وكما سبق أن ذكرنا فان مصادر المياه تعطي حوالي ٤٤٣ مليون متر مكعب في السنة يستخدم القسم الأكبر منها في الزراعة . ومعنى ذلك أن مياه تلك المصادر تحمل ما معدله ٦٠٠ ألف طن من الأملاح سنويا ، وبذلك يخص الهكتار الواحد من هذه الأملاح المنقولة ما بين ٤٠ و ٦٠ طنا في السنة .

ولقد ثبت من تحليل مياه (عين الحارة) ــ وهي احدى العيون الرئيسية الأربعة المتدفقة في الواحات ــ أنها تحوي ما يساوي ١٥٠٠ ملليجرام من الأملاح الذائبة في اللتر الواحد . وهـذه الزيادة الهائلة في ملوحة المياه والتي تراكمت في التربة سنة بعد أخرى ، قد أدت الى نقص كفاءتها ، وساعد على ذلك طبيعة الأرض الجيولوجية وتميزها بالطبقات الرسوبية


شكل رقم (١): متوسطات الحرارة الشهرية

غير المنفذة للماء على أعماق تصل الى حد قريب من سطح الأرض · وفي نفس الوقت فان انسداد مخارج المياه المصروفة نتيجة لسفي الرمال المستمر قد ساهم أيضا في عدم وجود التصريف الكافي للمياه ، مما أدى الى ارتفاع مستواه الأرضي وتشبع الطبقة السطحية من التربة ، فتراكمت الأملاح فيها على مر السنين وتكونت السبخات والبرك المالحة على مساحات من الأرض فقدت صلاحيتها للزراعة ، في الوقت الذي قلت فيه كفاءة التربة في المساحات المروية (٣١)· كذلك فان انسياب مياه الينابيع الطبيعية هدرا ليل نهار ، وتجمعها في المنخفضات التي تعاني تربتها أساسا من مشكلات الملوحة وسوء الصرف ، قد ساعد على تفاقم هذه المشكلات · ولهذا كله ، فقد تحولت بالفعل مساحات كبيرة من الأراضي الصالحة للانتاج بواحات الاحساء الى ملاحات مقفرة ·

٣ ـ **سفي الرمال وزحف الكثبان :** نتيجة لنظام الرياح السائد في المنطقة الشرقية لشبه الجزيرة العربية ، وهبوب الرياح الشمالية والشمالية الغربية المصحوبة في كثير من الحالات بعواصف رملية ، خلال قرون عديدة ، فقد تحركت منطقة التلال الرملية الشمالية في زحف متواصل على الواحات ، وتكونت جبهة من الكثبان الرملية في مساحات صالحة للزراعة ، بارتفاعات تصل أحيانا الى ١٢ مترا ، وبعرض يصل الى تسعة كيلومترات وطول يصل الى ٣٥ كيلومترا ، الأمر الذي أدى الى فقدان سنوي للأراضي المزروعة ، بمعدل يبلغ عشرة أمتار في السنة ، وقد يصل في بعض السنوات الى ٦٠ مترا · هذا السفي المستمر لرمال (الشمال) أدى في نفس الوقت الى انسداد مخارج الصرف الطبيعية للمياه ، الواقعة شمال وشرق الواحات، مما ساعد على تركيز الأملاح في التربة وتكوين السبخات والمستنقعات على نحو ما سبق · وكان من نتائج الزحف المستمر للرمال أن انطمرت قرية (جواثا) عاصمة الاحساء القديمة منذ أكثر من ١٠٠٠ عام ، وبقيت آثارها في أطراف الواحة الشرقية بعد أن كانت قائمة في وسطها (٣٤) ·

وعندما تتحرك الكثبان الرملية في خواء الصحراء الموحش فربما لا يأبه لحركتها أحد ، حتى رعاة البادية يتلافونها في ترحالهم ولا يحلون بأرضها الا كعابري سبيل · أما اذا شكلت الكثبان خطرا داهما على المزارع أو التجمعات العمرانية أو الطرق أو المطارات أو الطاقة الكهربائية ، فعندئذ يتدخل الانسان لايقاف حركتها والحد من طغيانها ·

٤ ـ **طرق الري والصرف والزراعة التقليدية :** لم تكن الزراعة قديما لتعتمد على دراسة التربة وتحليلها وأ مقننات المياه اللازمة لمختلف أنواع المحاصيل، وبالتالي فان نظم الري والصرف الصحيحة لم تكن معروفة للزراع الذين ما كانوا ليعنوا بأكثر من نقل أكبر قدر من الحياة الى أرضهم · وأمام ازدياد عدد السكان في الواحات وازدياد الحاجة الى انتاج زراعي أكبر ، كان عليهم ـ حسب تصورهم ـ أن يحفروا أكبر عدد ممكن من الآبار الجديدة · ولم يكن الري ـ في أقصى درجة من التطور القديم ـ ليخرج عن رفع الماء باستخدام تركيبات خاصة تسمى (السواني) وبعض الحيوانات كالحمير والجمال · كذلك لم يكن هناك نظام سليم للصرف يمكن معه التخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة · واستمرت طرق الري قائمة على غمر الأرض بالمياه ثم اعادة استعمالها بنقلها من مزرعة الى أخرى في أقنية مكشوفة دون أن يصاحب ذلك عمليات صرف صحيحة · ونتيجة لهذا الاستعمال المتكرر للماء تزداد ملوحته وبالتالي يصبح غير صالح للري حتى بالنسبة للمحاصيل القادرة على تحمل الملوحة · وكانت هناك طريقتان للري : احداهما الري السطحي من المياه الجارية تحت الضغط من الينابيع الطبيعية ، والثانية الري (سيحا) بواسطة الأقنية المكشوفة التي تستمد مياهها بالضخ الميكانيكي من الينابيع أو الآبار الواقعة في الغالب على ارتفاعات أعلى · وكانت الطريقة الأولى ـ الري السطحي ـ تستخدم في سقيا مزارع النيخل والأرز بوجه خاص ، أما الثانية ـ الري سيحا ـ فتستخدم في سقيا المحاصيل الأخرى وخاصة الخضر (٣٣) ·

ولقد لعبت الاعتبارات والأوضاع الاجتماعية لأصحاب الأراضي دورا رئيسيا في تحديد النظام العام للري في الاحساء ، ولذلك كان من الصعب ادخال طرق ري جديدة · فقد كانت الينابيع الجارية بصورة طبيعية ملكا مشتركا لمجموعة من الزراع على أساس حقوقهم المكتسبة · فالذي يملك نصيبا أكبر من هذه المياه ـ استنادا الى هذه الحقوق ـ كانت له في الواقع حصة أكبر سواء في الكمية أو النوعية · في حين أن أصحاب الأراضي الواقعة على امتداد مجرى المياه المالحة كانوا يعانون من رداءة نوعية المياه وقلة كميتها · ومن أجل تفادي استخدام المياه المالحة (المستعملة تكرارا) عمد الكثيرون من أصحاب تلك الأراضي الى حفر الآبار للحصول على مياه جيدة النوعية لري أراضيهم ، وعلى الأخص عند حدود الواحات المروية حاليا · كذلك حفرت آبار أخرى عديدة في القسم الأوسط من هذه الواحات (٣٤) ·

وبالاضافة الى ذلك كانت هناك عوامل اجتماعية أخرى ساعدت على تفاقم الوضع الخطر الذي أدى الى انكماش الرقعة الزراعية في واحات الاحساء ، ونعني

بها هجرة الكثير من الزراع من الواحات وتحولهم من حقل الزراعة الى مجال صناعة البترول في مناطق الآبار القريبة في الغوار وابقيق ، ومناطق التكرير والشحن في رأس تنورة ، الأمر الذي أدى الى اهمال المزارع العديدة ·

وهكذا استطاعت كل العوامل السابقة مجتمعة أن تقلص المساحة المزروعة في واحات الاحساء الى النصف خلال ربع قرن · ولم يكن من الطبيعي التغاضي عن حاجة هذه المنطقة الى تطور شامل يعيد اليها وجهها الأخضر ·

وفيما يلي خلاصة الاستنتاجات التي توصلت اليها شركة (واكوتي) من خلال دراستها (٣٥) :

١ ـ أن معظم الماء في الواحات يذهب هدرا بالتبخر والركود في شكل مستنقعات · ولتفادي ذلك يلزم الأخذ بالوسائل العلمية للمحافظة على موارد المياه وطرق استخدامها وادارتها وارشاد الزراع بشأنها ·

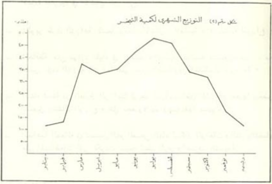
٢ ـ ان الأراضي الزراعية تتضرر بالملوحة مما يخفض قدرتها الانتاجية · ولعلاج ذلك يلزم تطوير نظام الصرف ومعالجة خواص التربة باضافة كميات مناسبة من الجبس الزراعي وذلك لتخفيض نسبة الصوديوم ·

٣ ـ ان مساحة الأراضي الملائمة للاستغلال تزيد كثيرا على المساحة المروية حاليا :

٤ ـ ان ٢٥٪ الى ٣٠٪ من المياه المتوفرة (أي التي تذهب هدرا) لازمة لغسل التربة المالحة وتحسين انتاجتها ، ولا بد من انشاء شبكة صرف كاملة ·

٥ ـ أن حركة الكثبان الرملية على مساحة طولها ٣٥ كيلومترا وعرضها ٩ كيلومترات ، بارتفاع يتراوح بين المترين ، ١٢ مترا ، تهدد الحياة في الواحات · ولهذا يلزم حماية الأراضي من الرياح وذلك بزراعة (مصدات رياح) لكبح هذه الكثبان وايقاف زحفها ·

وفي ضوء هذه الاستنتاجات بدا واضحا أن هناك مشكلتين رئيسيتين : مشكلة المياه المهدرة ، ومشكلة الرمال المتحركة · وقد عهد الى شركة (واكوتي) بمهمة اجراء الدراسات المفصلة واعداد المخططات والمشاريع لشبكات ري وصرف كاملة ،



شكل رقم (٩) التوزيع الشهري لكمية التبخر

في حين أخذت وزارة الزراعة والمياه السعودية على عاتقها العمل على ايقاف تقدم الكثبان الرملية وحماية المساحات المزروعة ة· وكان أهم المشاريع الزراعية والمائية التي أخذت طريقها الى النور (مشروع الري والصرف بالاحساء) · الذي بدأ العمل فيه عام ١٩٦٧ وانتهى عام ١٩٧١ ·

٦ – مشروع الري والصرف بالاحساء :

أهـداف المشروع :

كان من نتيجة الدراسات التي أجريت حول الزراعة والمياه والتربة في الاحساء، ان تحددت أهداف هذا المشروع على النحو التالي : (٣٦) :

١ – توسع أفقي يستهدف زيادة الرقعة الزراعية بنسبة ١٥٠٪ تقريبا ، ويتمثل في استصلاح واضافة ١٢٠٠٠ هكتار أخرى الـى المساحة المزروعـة قبل المشروع والتي هبطت الى ٨٠٠٠ هكتار ·

٢ – توسع رأسي يتمثل في تطبيق طرق الري والصرف الحديثة للوصول الى كفاءة للتربية في الانتاج الزراعي ٠

٣ – تطوير طرق الزراعة المتبعة باتخاذ الأساليب العلمية والارشادية للزراع ٠

٤ – المحافظة على موارد المياه في المنطقة والعناية الدائمة بعيون المياه ، مع تقنين المياه اللازمة للزراعة على مدار السنة وفق احتياجات الزراعة ٠

٥ – انشاء شبكة من الطرق الزراعية لربط أجزاء مناطق المشروع ببعضها ببعض لتسهيل انتقال الزراع ونقل محصولاتهم وتسويقها بسهولة ٠

٦ – المساهمة الفعالة في تحسين الجو الصحي العام لسكان الواحات وذلك بالقضاء على المستنقعات التي تكونت نتيجة لنظم الري والصرف القديمة ٠

وصف موجز للمشروع :

أولا : نظام الري :

يستمد المشروع طاقة الحياة اللازمة للري من مصادر ٣٢ عينا ضمت للمشروع٠ ونظرا لاختلاف مناسيب المياه في هذه العيون فقد قسمت المنطقة الى قسمين :
القسم الأول : تبلغ مساحته نحو ١٦٠٠٠ هكتار ، وهو أرض منخفضة يمكن ريها بالراحة من مياه العيون مباشرة ٠

القسم الثاني : تبلغ مساحته حوالي ٤٠٠٠ هكتار ، وتروي أراضيه ذات المنسوب المرتفع بطريقة الري بالرفع باستخدام محطات الضخ وخزانات المياه الرئيسية ٠

وقد أنشئت شبكة من القنوات الخرسانية يبلغ مجموع أطوالها أكثر قناة شبه رئيسية مجموع أطوالها ٢٦٠ كيلومترا ، وعدد كبير من القنوات الفرعية من ١٥٠٠ كيلومتر ، منها ١٦ قناة رئيسية مجموع أطوالها ١٦٠ كيلومترا ، ٢٣٣ المتقاربة يبلغ مجموع أطوالها ١٠٨٣ كيلومترا (٣٧) ٠

وهكذا تندفع المياه من العيون الطبيعية مباشرة بالنسبة للأراضي التي تروى بالراحة ، ومن خزانات المياه الثلاثة بالنسبة للأراضي التي تروى بالرفع ـ الى قنوات الري الرئيسية ، ثم الى قنوات الري الفرعية عبر الحقول حيث يروى الزراع مزارعهم كل في دوره وفق برنامج محدد .

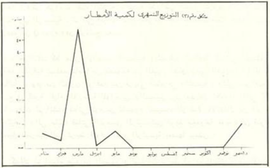
ونظرا لأن كلا من الواحتين الشمالية والشرقية امدادها المائي المستقل ، فالواحة الشرقية تستمد ماءها من مجموعة من العيون أهمها (عين الخدود) ، والواحة الشمالية ترتوي من العيون الواقعة بين قريتي المطيرفي والشعبة ، ولكي يتم التحكم السريع في كمية المياه اللازمة للواحتين والتنسيق بين مصادر الامداد المائي لكل منهما ، فقد تم انشاء قناتي توصيل للسماح للمياه الزائدة بالانتقال من الواحة الشمالية . والى جانب قناتي التوصيل الرئيسيتين توجد مجموعة عديدة من قنوات التوصيل الفرعية التي تربط قنوات الري الرئيسية بعضها ببعض .

كذلك تم انشاء عدد من الجسور والعبارات لربط أجزاء المنطقة عبر قنوات الري لتسهيل حركة الانتقال بما لا يعوق أية حركة للمياه .

وحتى يمكن التحكم في حركة المياه المنسابة عبر القنوات الرئيسية فقد تم انشاء بوابات رئيسية في الجزء الأعلى من كل قناة ، لامكان تحقيق مستوى التوازن الذي يتحكم في خروج الماء وجريانه . فعندما تقفل البوابات الرئيسية فان الماء في العيون وفي الجزء الأعلى من القناة يرتفع الى مستوى يمتنع معه احداث الضغط الذي يؤدي الى اندفاع الماء . ومن أجل ذلك شيدت أفقيا جدران الجزء العلوي للقناة ، بحيث تكون أعلى من جدران الأجزاء التالية .

وقد قسمت الأراضي ذات المنسوب المرتفع والتي تحتاج في ريها الى طريقة الرفع أو الضخ ، الى ثلاث مناطق زودت كل منها بعدد كاف من مضخات المياه داخل محطات للضخ . ويتم التحكم في هذه المحطات ذاتيا بالاعتماد على مستوى المياه في الخزان المتصل بكل محطة . وهي تدار هيدروليكيا بحيث يمكن ايقاف موجات الضغط بمجرد اقفال الامداد المائي (٣٨) .

وتتكون محطة الضخ رقم (١) من خمس وحدات عاملة بطاقة مياه تبلغ ١٦٢٦٣٣٠ متر مكعب في السنة . وتستمد هذه المحطة مصادرها المائية من مجموعة العيون المجاورة وأهمها عين (اللويمي) ، حيث تدفع هذه المصادر المائية الى الخزان رقم (١) ـ ويسمى بخزان سويدرة .



شكل رقم (٣) التوزيع الشهري لكمية الأمطار

وتتكون محطة الضخ رقم (٢) من ثلاث وحدات لضخ الماء بطاقة مياه تبلغ ٨٣٤٥٦٦٨ مترا مكعبا ، وتستمد مياهها من عين الحويرات) لترفعها الى الخزان رقم (٢) ، كي تخدم مساحة تبلغ ٧٦٥ هكتارا تقع حول مجموعة العيون في شرق قرية (المطيرفي) والتي تزود الواحة الشمالية بالمياه اللازمة للري ٠

وأما محطة الضخ رقم (٣) فتعمل بصفة مستمرة تتكون من خمس وحدات بطاقة مياه تبلغ ٢٦٢٢٠٠٥١ مترا مكعبا في السنة ٠ وتستمد مياهها من (عين الحارة) لتصبها في الخزان المتصل بها رقم (٣) ٠

ومن أجل تأمين ري دائم وايجاد احتياطي ثابت من المياه ، تم انشاء خزانات ثلاثة موزعة على أقسام الري بالرفع بحيث يتناسب كل خزان مع المساحة الزراعية التي تنتفع منه ٠ وتم ربط كل من هذه الخزانات بمحطات الضخ المتصلة بها على نحو ما سبق ٠

وتبلغ سعة هذه الخزانات من ٨٠٠ متر مكعب الى ١٥٠٠٠ متر مكعب من الماء ٠ ومن هذه الخزانات تنساب المياه الواردة اليها من العيون الطبيعية بعد ضخها الى قنوات الري الرئيسية ثم قنوات الري شبه الرئيسية ثم القنوات الفرعية أو الحقلية ٠

وتبلغ سعة الخزان رقم (١) ١٥٠٠ متر مكعب من الماء ، ويستمد مياهه من مجموعة من العيون أهمها عين اللويمي وعين برابر وعين طالب وعين مانع • ويتصل بمحطة الضخ رقم (١) ليقوم بتغذية منطقة مساحتها ١٤٠٠ هكتار •

أما الخزان رقم (٢) فتبلغ سعته ٨٠٠٠ متر مكعب من الماء ويستمد مياهه من (عين الحويرات) عن طريق محطة الضخ رقم (٢) •

وأما الخزان رقم (٣) فيشبه في سعته الخزان رقم (١) ويستمد ماءه من (عين الحارة) المتصلة بمحطة الضخ رقم (٣) (٣٩) •

ثانيا : نظام الصرف :

من الأمور المسلم بها أنه « حيث لا توجد امكانيات للصرف فلا جدوى من الري » • ومن هنا كان لا بد من أن يتوافر نظام جيد للصرف وأن تتناسب مقاييسه في علاقته بنظام الري ، حتى يمكن استخلاص الماء المشبع للتربة وزيادة الهواء فيها ، وتثبيت توازن الملح في التربة على حده الأدنى ، مع التحكم في هبوط مستوى الماء الباطني •

هذه الضرورات الفنية روعيت عند اعداد نظام الري والصرف بحيث يكون هناك تكامل تام بين النظامين •

ويتم صرف مياه الري الزائدة عن حاجة الأرض عبر شبكة من القنوات يبلغ مجموع أطوالها حوالي ١٣٠٠ كيلومتر ، تسير حركة مياه الصرف خلالها في اتجاه عكسي لحركة مياه الري • فتبدأ المياه مسيرتها خلال المصارف الفرعية أو الحقلية ومنها الى المصارف شبه الرئيسية ثم الى المصارف الرئيسية ، ومن ثم تتجمع مياه الصرف في مصرفين رئيسيين وثالث صغير نوعا ، وتأخذ اتجاهين ، أحدهما نحو الشمال حيث تصب في (بحيرة الأصفر) ، والثاني نحو الشرق حيث تتسرب في منطقة الرمال خلف قرية العيون •

ولتأمين صرف المياه صرفا جيدا كان لا بد من المحافظة على منسوب مياه الصرف بحيث تكون بالنسبة للمصارف الفرعية على عمق متر ونصف متر من منسوب الأرض الزراعية ، ويزداد العمق بالنسبة للمصارف الرئيسية الى حوالي مترين ونصف متر الى خمسة أمتار من منسوب الأرض •

وباتباع هذا النظام تم انشاء مصارف مختلفة الأحجام والأغراض ، منها ١٥ مصرفا رئيسيا مجموع أطوالها ١٤٥ كيلومترا ، ١٧٠ مصرفا شبه رئيسي مجموع أطوالها ٨١٠ كيلومترا ، وعدد كبير من المصارف الفرعية أو الحقلية داخل الحقول بأطوال تبلغ ٩٠٠ كيلومتر .

وقد خططت هذه القنوات الأخيرة بحيث تكون موازية لقنوات الري الفرعية وبيحث يكون متوسط المسافة بين كل قناة للصرف وأخرى حوالي ١٥٠ مترا حتى يتسنى صرف الماء الزائد صرفا جيدا يحول دون تركز الملوحة في التربة .

أما المياه التي تحملها قنوات الصرف بأنواعها المختلفة والتي تصب في مناطق تجمعها في بحيرة الأصفر وخلف قرية العيون ، فيتبخر جزء منها بفعل الحرارة المرتفعة بينما يتسرب الجزء الآخر الى باطن الأرض الرملية (٤٠) .

ثالثا : شبكة الطرق :

تربط أجزاء منطقة المشروع بشبكة ضخمة من الطرق الزراعية تمتد طولا وعرضا في تناسق هندسي مع امتداد وعبر قنوات الري والصرف في كافة أنحاء المنطقة . ويبلغ عرض الطرق الممتدة مع المصارف الرئيسية ستة أمتار ، والطرق الممتدة مع المصارف الفرعية خمسة أمتار . كما شيد العديد من الأرصفة بعرض نصف متر على جوانب الطرق ، وشيد عدد من الجسور بعروض مختلفة فوق قنوات الري والصرف لتسهيل حركة انتقال الزراع ونقل محاصيلهم وربط أجزاء المنطقة بعضها ببعض .

٧ — مشروع كبح الرمال وترسيخ الكثبان الرملية :

أهداف المشروع :

يهدف مشروع تثبيت الرمال الذي تنهض به وزارة الزراعة والمياه السعودية الى تحقيق :

١ — ايقاف تحرك الرمال .
٢ — حماية الأراضي المزروعة من طغيان الرمال الزاحفة عليها .
٣ — زيادة مساحة الأراضي المزروعة ومساحة المراعي .
٤ — المحافظة على موارد الأشجار والأخشاب .
٥ — تحسين المناخ بجميع وسائل حفظ التربة (٤) .

وقد استخدمت عدة طرق لتثبيت الرمال ، وهي :

١ ـ **الطرق الميكانيكية :** وذلك باستخدام الوسائل الآليـة لازالة الرمال وحفر خنادق مختلفة العمق لايقاف حركة الرمال تدريجيا • وقـد أثبتت هذه الطرق أنها غير اقتصادية لتكاليفها الباهظة •

٢ ـ **تغطية الرمال أو تثبيتها ، بقصد ايقـاف تحركها :** وقد أجريت تجارب عديدة لهذا الغرض ، منهـا رش سطوح الكثبـان بالاسفلت أو البترول الخام ، أو تثبيتها بالطين والدبش ، أو بالاسمنت ، أو بالدبش مع البترول الخام ، أو بالدبش والاسمنت والبترول الخام ، أو تغطية الرمال ببلاطات خرسانية • ولكن هذه التجارب جميعها باءت بالفشل اما لتكاليفها الباهظة، أو لتشقق هذه المواد وعدم تحملها ، أو لعدم فاعليتها ومقاومتها للرياح •

٣ ـ **التدابير الزراعية لتثبيت الرمال :** وهذه الطريقة من أقدم الوسائل التي مارسها العرب لدرء موجات الرمال العارمـة ، وتتمثل في زراعة الأشجار كمصدات أو كوابح للرياح ، تتصيد ما بهـا من حبيبات الرمال وتثبتها بعيدا عن القرى • وتستلزم هذه الطريقة تمهيد الكثبان وتغطيتها بطبقة من التراب ، ثم تقسيمها الى أحواض ، وانشاء أقنيـة للماء لغمر هذه الأحواض ، ثم زراعتها بفصائل مختارة من الأشجار الملائمة للبيئة من حيث قدرتها على مقاومة الجفاف والأملاح والرياح • ومن أفضل هذه الفصائل :

الطرفاء الفرنسية Temerix gallica ilnn ، والطرفاء أو الأثل Tamerix Aphylla والسنط الأزرق Accacia cyanophylla والباكنسونيا Pakinsonia jubflora والكينـــاء Eucalyptus camaldulansis •

وقد تم حتى الآن تشجير مساحة ٦٤٥ هكتارا (٤٢) • غير أن لهذه الطريقة عيوبا أهمها : مقابلة الحاجات المائية لنباتات الوقاية في بيئة أغلـى وأندر ما فيها الماء • وأدهى من ذلك عدم جدوى صفوف الاشجار متى كان فيض الرمال غزيرا ، اذ ما تلبث تجمعاتها الزاحفة أن تغرق الأشجار وتتجاوزها الى ما يراد حمايته من ورائها • بل أكثر من ذلك، قد يأتي استخدام هذه الوسيلة في كثير من الحالات بنتيجة عكسية ، وذلك حين تضطر الرياح لالقاء كافة حمولتها بالمنطقة المشجرة ، فتتضاعف معدلات الارساب عما كانت قبل غرس المصدات ، ويتعاظم الخطر اذ تشترك في الزحف به دذلك أكداس تجمعت على مر الزمن دون وعي من الانسان (٤٣) •

المصادر

١ ـ حسن حمزة حجرة : امكانية التنمية الزراعية في المملكة العربية السعودية عام ١٩٧٢ .

٢ ـ شركة ارامكو : تقرير عن المياه الجوفية في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية .

٣ ـ شركة ارامكو : تقرير عن المياه الجوفية في المنطقة الشرقية مع اشارة خاصة الى منطقة الاحساء ـ عام ١٩٤١ .

٤ ـ شركة ارامكو ـ تقرير عن دراسة المصادر المائية بالعضيلية ، منطقة الاحساء ١٩٥٨ .

٥ ـ شركة ارامكو : تقرير عن دراسة طبقة الوسيع الحاملة للماء بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية عام ١٩٦١ .

٦ ـ شركة واكوتي : تقرير عن الدراسات والتصاميم النهائية لمشروع تحسين الاحساء .

٧ ـ شركة واكوتي : تقارير سنوية عن مشروع الري والصرف بالاحساء .

٩ ـ منظمة الأغذية والزراعة الدولية : تقرير عن تصنيف التربة بلمملكة العربية السعودية ، من اعداد (جيمس باسور) عام ١٩٧١ .

١٠ ـ منظمة الأغذية والزراعة الدولية : مشروع الأموال المودعة رقم ١١٧ : دراسات عن استخدام المياه والتربة في المملكة العربية السعودية ، من اعداد بي. لويزيدس عام ١٩٧٣ .

١١ ـ هيئة ادارة وتشغيل مشروع الري والصرف بالاحساء : تقرير عن المشروع عام ١٩٧٥ .

١٢ ـ وزارة الزراعة والمياه السعودية : سبع سنابل خضر ـ ١٩٦٥/١٩٧٢ ـ التنمية المائية والزراعية . اعداد عبد البسط الخطيب عام ١٩٧٤ .

13) Aramco Handbook, 1961.

14) Ministry of Agriculture and Water, Department of water Resources Development, Hydrology Diviison; Hydrological Publication No. 82, January 1975.

15) UNESCO Arid Zone Research: Bioclimatic Map of the Mediterranean Zone, scale 1: 5000,000, 1961.

الهـــوامش

١ ـ ياقوت الحموي : معجم البلدان ـ ج ٤ ، ص ١٣٥ .

٢ ـ تقرير هيئة ادارة وتشغيل مشروع الري والصرف بالاحساء عام ١٩٧٥ .

٣ ـ حسن حجرة : امكانية التنمية الزراعية في المملكة العربية السعودية (بمعاونة وزارة الزراعة السعودية) ١٩٧٤ ، ص ٦٥ .

٤ ـ النتائج الأولية التعداد سكان المملكة العربية السعودية عام ١٩٧٤ .

٥ ـ تقرير هيئة ادارة تشغيل مشروع الري والصرف بالاحساء عام ١٩٧٥ .

٦ ـ حسن حجرة : المرجع السابق ـ ص ٦٥ .

٧ ـ سبع سنابل خضر ـ ص ٩٦/ ١٣٩٧ هـ ، وتقرير شركة أرامكو : دراسة المصادر المائية لمدينة الدمام ومناطق الاحساء عام ١٩٥٤ .

٨ ـ تقرير شركة أرامكو : دراسة المصدر المائية لمدينة الدمام ومناطق الاحساء في المملكة العربية السعودية عام ١٩٥٤ ، سبع سنابل خضر ـ ص ٩٧ .

٩ ـ سبع سنابل خضر ـ ص ٩٨ .

١٠ ـ المرجع السابق ـ ص ١٠٢ .

١١ ـ المرجع السابق ـ ص ١٠٤ .

١٢ ـ حسن حجرة : المرجع السابق ـ ص ٣٨ .

١٣ ـ تقرير منظمه الأغذية والزراعة : تصنيف التربة بالمملكة العربية السعودية عام ١٩٧١ ، حسن حجرة ـ المرجع السابق ص ٣٨ ، سبع سنابل خضر ـ ص ١٦٣ .

١٤ ـ تقرير شركة ارامكو : المياه الجوفية في المنطقة الشرقية مع اشارة خاصة الى منطقة الاحساء عام ١٩٤١ ٠

١٥ ـ التقرير السابق ٠

١٦ ـ تقرير هيئة ادارة تشغيل مشروع الري والصرف بالاحساء عام ١٩٧٥ ٠

١٧ ـ سبع سنابل خضر ـ ص ١٧٥ ٠

١٨ ـ تقرير هيئة ادارة تشغيل مشروع الري والصرف بالاحساء عام ١٩٧٥ ٠

١٩ ـ قسم الهيدرولوجيا بوزارة الزراعة والمياه السعودية : النشرة الهيدرولوجية رقم ٨٢ (يناير ١٩٧٥) :
Annual Climatic Summary of Hofuf, P. 105.

٢٠ ـ المصدر السابق ، ص ١٠٥ ٠

٢١ ـ صلاح الدين بحيري : جغرافية الصحارى العربية ، ص ١٠٧ ٠

٢٢ ـ المصدر السابق ـ ص ١١٢/١١٣ ٠
Aramco Handbook, 1961, P. 255.

٢٣ ـ النشرة الهيدرولوجية رقم ٨٢ (يناير ١٩٧٥) ص ١٠٥ ٠

٢٥ ـ النشرة الهيدرولوجية السابقة ، ص ١٠٥ ٠
٣٦ ـ بحيري : المصدر السابق ، ص ١٠٦ ٠

٢٧ ـ بحيري : المصدر السابق ، ص ١٠٩ ٠

٢٨ ـ UNESCO, Bioclimatic map of the Mediterranian Zone, 1963.

٢٩ ـ النشرة الهيدرولوجية السابقة ، ص ١٠٥ ٠

٣٠ ـ تقرير شركة واكوتي عن مشروع الري والصرف بالاحساء •

٣١ ـ هيئة ادارة وتشغيل مشروع الري والصرف بالاحساء : تقرير عن المشروع عام ١٩٧٥، ص ٧ـ٨

٣٢ ـ المصدر السابق ـ ص ٨ ، شركة واكوتي : تقارير سنوية عن مشروع الري والصرف بالاحساء•

٣٣ ـ منظمة الاغذية والزراعة الدولية : دراسات عن استخدام المياه والتربة في المملكة العربية السعودية عام ١٩٧٣ •

٣٤ ـ حسن حجرة : امكانية التنمية الزراعية في المملكة العربية السعودية ، ص ٦٥ •

٣٥ ـ شركة واكوتي : تقرير عن الدراسات والتصاميم النهائية لمشروع تحسين الاحساء عام ١٩٦٤ •

٣٦ ـ تقرير هيئة ادارة وتشغيل مشروع الري والصرف بالاحساء ، ص ١١ ، شركة واكوتي : المصدر السابق •

٣٧ ـ تقرير هيئة مشروع الاحساء ، ص ١٣ •

٣٨ ـ المصدر السابق ـ ص ١٣ ـ ١٥ •

٣٩ ـ المصدر السابق ـ ص ١٦ ـ ١٨ •

٤٠ ـ المصدر السابق ـ ص ١٩ ـ ٢١ •

٤١ ـ وزارة الزراعة والمياه السعودية : سبع سنابل خضر ، ص ١٧٢ •

٤٢ ـ المرجع السابق ـ ص ١٧٣ ـ ١٧٤ •

٤٣ ـ بعيري : المصدر السابق ـ ص ٦٩ •